

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
Facultad de Ciencias Veterinarias  
Instituto de Patología Animal  
Ictiopatología

Dinámica de pigmentación en  
*Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus mykiss* y *Salmo salar*  
en fase marina de cultivo

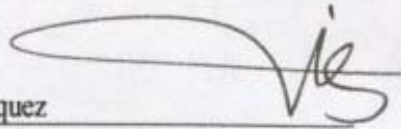
Tesis de grado presentada como parte  
de los requisitos para optar al Grado  
de LICENCIADO EN MEDICINA  
VETERINARIA

Víctor Mauricio Alejandro Téllez Vivar  
Valdivia Chile 1998

PROFESOR PATROCINANTE:

Dr. Ricardo Enriquez

Nombre



Firma

PROFESORES CALIFICADORES:

Dr. Jorge Ulloa

Nombre



Firma

José De La Vega

Nombre

Firma

FECHA DE APROBACIÓN:

25 de Enero de 1998

**A MI MADRE,  
EDITH.**

## INDICE

	Pag.
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY.....	2
3. INTRODUCCION.....	3
4. MATERIAL Y METODO.....	8
5. RESULTADOS.....	12
6. DISCUSIÓN.....	18
7. CONCLUSIONES.....	23
8. BIBLIOGRAFIA.....	24
9. ANEXOS.....	28
AGREDECIMIENTOS.....	41

## DINAMICA DE PIGMENTACION EN *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus mykiss* Y *Salmo salar* EN FASE MARINA DE CULTIVO.

### 1. RESUMEN

Se estudio el desarrollo de la pigmentación muscular en salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*), trucha Arcoiris (*O. mykiss*) y salmón del Atlántico (*Salmo salar*) durante todo su ciclo productivo en el mar. Con el objeto de obtener mayores conocimientos sobre el proceso de pigmentación muscular en salmonideos de cultivo nacional.

Los niveles de astaxantina entregados en la dieta para *O. kisutch* fueron de 100 mg/kg de alimento hasta 1 kg. de peso, disminuyendo a 80 mg/kg. y finalmente a 70mg/kg de alimento por sobre 2 kg. de peso vivo. En caso de *O. mykiss* se entregó 100 mg/kg. de alimento hasta 1 kg. de peso, disminuyendo a 80 y 70 mg/kg. hasta los 2 kg. de peso corporal donde se disminuyó a 65 mg/kg. de alimento. El *S. salar* recibió astaxantina a niveles de 100 mg/kg de alimento hasta los 2 Kg. de peso disminuyendo a 80 y finalmente 60 mg/kg. de alimento al superar los 3 Kg. de peso corporal.

Los peces fueron muestreados cada 35 días. Se midió el contenido de astaxantina en músculo por espectrofotometría, el color visual utilizando la Tarjeta de Color para filetes de Salmonideos Roche, escala 11 a 18. También se calculó el porcentaje aparente de fijación de pigmento en músculo.

La respuesta a la suplementación con astaxantina en la dieta fue más rápida en las especies del genero *Oncorhynchus*. Las concentraciones de astaxantina en músculo de S. Coho fue de 1,0 a 24 mg/kg y el color visual de los filetes fluctuó entre niveles bajo 11 y 17. La trucha arcoiris mostró niveles de astaxantina en músculo de 1,0 a 25 mg/kg. y la evaluación visual arrojó niveles bajo 11 hasta 17. El salmón del Atlántico mostró niveles de astaxantina en músculo de 0,4 a 6,8 mg/kg. y valores visuales de color bajo 11 hasta 15.

Las tres especies en estudio mostraron una alta correlación entre el contenido de astaxantina en músculo y el tiempo de pigmentación, el contenido de lípidos en músculo y peso corporal.

El porcentaje de fijación aparente resultó ser más alto sobre 1 Kg. de peso corporal para todas las especies en el estudio. Aumenta la eficiencia de retención (%) con el aumento del peso corporal. Por lo que resulta más aconsejable iniciar pigmentación a mayor peso del pez.

La mortalidad resultó ser un punto importante en la evaluación del costo del proceso de pigmentación, por la pérdida de biomasa y el pigmento contenido en esta.

## **PIGMENTATION DEVELOPMENT IN *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus mykiss* AND *Salmo salar* REARED IN SEAWATER**

### **2. SUMMARY**

Pigmentation development was studied in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), Rainbow trout (*O. mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea cages, whole production cycle. In order to obtain more knowledge over the pigmenting process in salmonid fishes cultured in Chile.

Coho salmon were fed diets supplemented with 100 mg astaxanthin/kg feed, decrease astaxanthin concentration to 80 mg astaxanthin/kg feed at 1kg of body weight and finally decrease to 70 mg astaxanthin/kg feed over 2 kg of body weight. Rainbow trout were fed diets supplemented with 100 mg astaxanthin/kg feed, decrease astaxanthin concentration to 80 and 70 mg astaxanthin/kg feed at 1kg of body weight and finally decrease to 65 mg astaxanthin/kg feed over 2 kg of body weight. Atlantic salmon were fed diets supplemented with 100 mg astaxanthin/kg feed, decrease astaxanthin concentration to 80 mg astaxanthin/kg feed at 1kg of body weight and finally decrease to 60 mg astaxanthin/kg feed over 3 kg of body weight.

Every 35 days 3 fish from each sea cage and species were sampled and the astaxanthin concentration in the flesh determined by a spectrophotometer. The visual colour was also determined using the Roche Colour Card for Salmonids for fillets, scale 11 to 18. The apparent astaxanthin retention (%) was calculated for each time and from the start the pigmentation period until the end of the experiment.

The response of flesh pigmentation to dietary pigment was most rapid on the *Oncorhynchus* species and slowest in Atlantic salmon. The astaxanthin concentration in the flesh of Coho salmon varied from 1,0 a 24 mg/kg and the visual evaluation of the fillets gave scores ranging from under 11 to 17. Rainbow trout showed astaxanthin levels in the flesh from 1,0 to 25 mg/kg. and visual evaluation gave scores from under 11 to 17. Atlantic salmon showed astaxanthin levels in the flesh from 0,4 to 6,8 mg/Kg. and visual scores from under 11 to 15.

A good correlation was found between the mean astaxanthin concentration in the flesh and pigmenting period, lipid level of the flesh and body weight.

The apparent astaxanthin retention was highest over 1kg of body weight for all species in the study. This gives increasing retention efficiency (%) with increasing fish weight.

Mortality result important in the cost evaluation of the pigmenting process, of the species in the study.

### 3. INTRODUCCION

La acuicultura como fuente de producción de alimentos no es una idea nueva. Esta ya se practicaba en China 2000 años antes de Cristo (Méndez y Munita, 1989).

A pesar que en Inglaterra se iniciaron los cultivos de salmonídeos en el año 1868, es solo la década de 1960 que, en Europa, Japón, Estados Unidos se desarrolló e implemento la tecnología necesaria para la crianza de salmones en cautiverio, al utilizar estructuras flotantes (balsas-jaulas) en el mar. Este tipo de cultivo ha sido impulsado fundamentalmente por la disminución del recurso silvestre. De esta forma, se ha establecido una nueva área productiva con un crecimiento explosivo y un mercado en continua expansión (Castro y Mena, 1993).

#### 3.1. SITUACION NACIONAL DEL CULTIVO DE SALMONIDEOS

Esta industria se inició a principios de la década de 1980, y ha mostrado el mayor dinamismo y crecimiento dentro del sector acuicultor, de ahí que se le reconozca como la de mayor importancia y gravitación en el ámbito de los cultivos hidrobiológicos.

El explosivo crecimiento que ha mostrado este sector durante la última década no hubiera sido posible si el país no ostentara las condiciones naturales propicias, caracterizadas por la disponibilidad de extensas zonas marítimas costeras, lacustres y fluviales que ofrecen óptimas condiciones ambientales para el cultivo, en gran parte libres de contaminación, temperatura del agua y suficientes horas luz en épocas invernales que permiten mejores y más rápidas tasas de crecimiento comparadas con el hemisferio norte y salir con la mayor parte de la producción en el verano del hemisferio sur, cuando existe menor producción en el hemisferio opuesto (Achurra, 1996).

Importante es también mencionar una mano de obra de bajo costo, la existencia de insumos, particularmente relacionados con la fabricación de alimentos, debido a la producción nacional de harinas de pescado de alta calidad.

La salmonicultura chilena que hace no más de 10 años producía aproximadamente 8.600 toneladas, durante 1995 superó las 140.000 toneladas de producción bruta (Cortés, 1997).

Chile se ubica como el segundo productor mundial de salmón y trucha de cultivo produciendo en 1995 un total de 97.700 toneladas netas, después de Noruega que lidera el mercado produciendo en la misma temporada un total de 236.000 toneladas netas (Cortés, 1997).

Durante el período 1990 a 1995 Chile experimentó un crecimiento de su producción de 310%, 5 veces más que el promedio mundial, lo que transforma a Chile en el país más dinámico de esta industria a nivel mundial. Sin embargo, existe todavía un mayor crecimiento en la producción de truchas, en donde Chile es el principal productor mundial con 25.536 toneladas

en 1995, experimentando un crecimiento de 535% entre 1990 y 1995, frente aun crecimiento mundial de 70,2% (Cortés, 1997).

Frente a todas estas cifras de producción tan alentadoras resulta relevante conocerla otra cara de la moneda, que son precisamente los costos involucrados en el proceso productivo.

A grandes rasgos podemos mencionar el siguiente desglose. El ítem de mayor importancia es el alimento, el que explica prácticamente el 50% de los costos de producción, el otro 50% se lo llevan el costo de los smolt, gastos operacionales y administrativos, mano de obra y gastos de ventas, principalmente (Wurmann, 1997).

Importante es entonces revisar los costos que inciden en la fabricación del alimento para peces, donde el principal insumo lo representa la harina pescado, que explica el 50% de los costos del alimento, otro 20% corresponde al aceite de pescado y el tercer elemento que también influye significativamente es el pigmento que se incorpora en la fase de fabricación, que llega a representar hasta un 20% del costo del alimento (Wurmann, 1997).

Hasta el momento el mayor proveedor de pigmentos es el laboratorio Roche, ya que posee la patente del pigmento más aceptado en el mundo para la industria del salmón. Este virtual monopolio mantiene altos precios, cuyo costo resulta muy relevante si se considera que en el proceso de fabricación de alimento extruído, que es el más utilizado, se realiza en base al uso combinado de temperatura y presión, se puede llegar a perder hasta un 15% de este elemento (Wurmann, 1997).

Roche descubrió el pigmento que daba color a los peces y produjo sintéticamente la misma molécula para producir igual efecto. Su costo asciende a US \$240 el kilo, utilizándose un promedio de un kilo por tonelada de alimento. Entonces, la cifra de negocios en torno a este insumo es millonaria si se estima que este año (.1997) la producción chilena podría alcanzar entre las 200 a 230 mil toneladas de salmonídeos (Wurmann, 1997).

### **3.2. PIGMENTACION DE SALMONIDEOS.**

El criterio fundamental de aceptación del salmón, por parte del publico consumidor, es el impacto visual dado por la coloración rosada o roja de su carne (Castro y Mena, 1993). Esta es la característica distintiva de esta especie y lo que contribuye a darle su sello de exclusividad a su imagen a diferencia de otros productos de origen animal que son juzgados básicamente por su sabor, textura, etc. Por consiguiente, el grado de pigmentación de la carne es un factor preponderante en la determinación del precio de mercado que alcance el salmón, en cualquiera de sus formas de presentación (Torrissen e Ingebriksen, 1992).

El aumento de la producción mundial de salmonídeos. a hecho también aumentar la demanda por calidad. Los salmones son exportados hacia todo el mundo con variadas preferencias por la coloración de su carne. No solo importa que el pez posea un color satisfactorio, sino que también sea uniforme ( Christiansen y col., 1995).



La pigmentación de la carne de los salmonídeos resulta de la absorción y depósito de carotenoides oxigenados (Christiansen y col., 1995). En la naturaleza los carotenoides son sintetizados por algas y bacterias, y finalmente llegan a estos peces vía cadena alimenticia (Torrissen y col., 1989), siendo múltiples las fuentes de carotenoides para los peces de vida silvestre: crustáceos, algas, pequeños peces y otros que actúan como organismos acumuladores.

Sin embargo para los salmónidos bajo condiciones de crianza artificial, privados de su fuente natural de alimento, es necesario suplementar la dieta con carotenoides (Schiedt y col., 1995). Al no contar con una fuente de pigmentos en su dieta la coloración de su carne es blanca, debido a que son incapaces de sintetizar estos compuestos (Estermann, 1995).

Estos carotenoides tienen la capacidad de unirse a nivel muscular al complejo actomiosina (Bjerkeng y col., 1992). Entre ellos el pigmento llamado astaxantina es el que se encuentra en mayor abundancia en el salmón silvestre, mientras que en las especies cultivadas es posible encontrar una mayor variedad como resultado de la inclusión de una gama de ingredientes y fuentes de pigmentación en las dietas artificiales. Es así como en las especies cultivadas se encuentran básicamente astaxantina y cantaxantina, y en concentraciones tisulares mucho menores, adenorrubina, zeaxantina, luteína y otros (Castro, 1993).

La intensidad de la pigmentación se relaciona con la cantidad de pigmento retenido en el músculo, la cual varía de acuerdo a factores fisiológicos como el peso del pez, tasa de crecimiento, maduración y factores genéticos (Torrissen y Naevdal, 1984 ; Blanc y Choubert, 1985) y dietarios como fuente de pigmentos (Johnson y col., 1980), concentración en la dieta y contenido de lípidos (Torrissen, 1995; Storebakken y col., 1987).

Dada la fuerte expansión de la salmonicultura y la necesidad de pigmentos para estos peces, se ha generado una fuerte demanda mundial por fuentes pigmentantes. Entre los productos utilizados se ha recurrido a fuentes naturales de carotenoides como crustáceos o desechos de su procesamiento, plantas, algas y levaduras con resultados variables, y fuentes artificiales de pigmento.

### **3.3. FUENTES DE PIGMENTOS CAROTENOIDES.**

La mayoría de los productos a base de carotenoides disponibles para la pigmentación de salmonídeos corresponden a fuentes de astaxantina.

#### **3.3.1. Crustáceos.**

La astaxantina en su forma libre, esterificada o formando complejos con proteínas, es el carotenoide más abundante en los crustáceos, siendo estos la fuente natural de pigmentos para los salmónidos silvestres (Castro y Mena, 1993).

Se han realizado numerosos estudios para evaluar la utilización de desechos de la industria conservera como fuentes pigmentantes para las empresas salmoneras. Estos esfuerzos han resultado infructuosos porque los desechos presentan un alto contenido de humedad, cenizas y

quitina, bajo contenido de proteínas y una baja y variable concentración de pigmento (0 a 200 ppm de astaxantina), lo cual hace imposible su incorporación en dietas balanceadas, no pudiendo ser utilizados en el cultivo comercial de salmonídeos. (Torrissen y col., 1989).

### 3.3.2. Levaduras.

De las levaduras que producen astaxantina, solamente una de ellas es de importancia: *Phaffia rhodozyma*. Las cepas silvestres contienen hasta 500mg de carotenoides por kg. de materia seca, de los cuales entre un 83 a 87% corresponde a astaxantina en forma libre, el resto corresponde a foenicaxantina y otros carotenoides menos importantes (Andrewes y col., 1976). En la actualidad mediante programas de selección y aislamiento de cepas se ha llegado a concentraciones de 3.000 o más ppm de astaxantina en procesos de fermentación industrial (Johnson, 1989). La astaxantina contenida está protegida por una pared celular la que debe tratarse por procesos mecánicos y digestión enzimática, con el objeto de que la astaxantina sea biodisponible.

En relación a sus características pigmentantes, es considerada como aceptable, sin embargo existen algunos inconvenientes como variaciones en la concentración real de astaxantina entre un lote y otro, que exige ajustes al dosificarla en el alimento; la extracción mecánica de astaxantina expone el carotenoide al oxígeno que es el factor más crítico en la cadena oxidativa de estos compuestos, que se traduce en la formación de compuestos sin propiedades pigmentantes.

### 3.3.3. Algas.

Torrissen y col., (1989) han señalado que algas del género *Chlorophyceae* tienen la capacidad de sintetizar gran cantidad de astaxantina, cantaxantina y otros pigmentos bajo condiciones de estrés (Ej.: privación de nitrógeno, cambios de pH o salinidad), aunque también se reporta una baja utilización de estos pigmentos en los peces debido a que gran parte de esta astaxantina estaría en la forma de ésteres.

### 3.3.4. Plantas.

Hannasch y Nelson (1990) al utilizar extracto saponificado del pimentón rojo o paprika (principalmente capxantina y capsorrubina) como fuente de pigmentación para trucha y salmón del Atlántico, han demostrado que este extracto tiene el potencial de reemplazar un 50% de la astaxantina utilizada en la formulación de dietas. Por lo tanto concluyen que el extracto de paprika se perfila como una buena fuente complementaria de pigmentación para la salmonicultura comercial.

Otra fuente pigmentante considerada de interés como fuente de astaxantina son las flores de plantas del género *Adonis* (Markovits, 1991), la forma predominante es como diéster de varios ácidos grasos. El contenido de astaxantina encontrado en los pétalos deshidratados de *Adonis anima* es cerca de 11.000 ppm y las flores de *Adonis aestivalis* contienen alrededor de 1.600 ppm.

### **3.3.5. Carotenoides sintéticos.**

Los productos sintéticos, hasta la fecha, han sido la fuente de pigmentación más utilizada en la acuicultura mundial y nacional, por ser productos estandarizados, con una alta concentración de carotenoides y de fácil manejo.

La astaxantina por ser muy sensible al oxígeno, una vez sintetizada mediante una serie de reacciones químicas y físicas, debe ser recubierta o "empacada en un beadlet". Este beadlet consiste básicamente en una matriz de gelatina y carbohidratos. Para mejorar aún más la protección del carotenoide, los antioxidantes etoxiquina y palmitato de ascorbilo son incluidos en el beadlet, lo que asegura un producto estable, sin los inconvenientes mencionados para las otras fuentes de astaxantina.

La cantaxantina aún cuando no es el pigmento más abundante en la cadena alimenticia de salmonídeos, ya que constituye solo una pequeña porción de los carotenoides del músculo de los peces silvestres, puede ser utilizada para la pigmentación de salmonídeos. Se debe tener en cuenta que es de una menor eficiencia de pigmentación que la astaxantina en salmonídeos, debido a que posee una menor tasa de absorción, se une débilmente a la actomiosina y sufre un mayor grado de degradación en el organismo de los peces.

Estos factores han orientado la investigación de fuentes alternativas de pigmentación, naturales o ya sea por una mejor administración de los pigmentos sintéticos existentes de manera de hacer más económico el proceso productivo, tratando de establecer parámetros que permitan evaluar estrategias de pigmentación al momento de tomar la decisión de cual es la manera más eficiente de lograrlo.

De esta forma el objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de la pigmentación de las principales especies salmonídeas cultivadas en el país, utilizando como pigmento astaxantina\*. Para lograr conocimiento que permita mejorar la utilización del pigmento en la alimentación y lograr rebajar parte importante de los costos de producción de la industria salmonera nacional.

---

\* Carophyll pink 8% ®, Roche. O'Higgins N°167 Of. 603. Puerto Montt.

## 4. MATERIAL Y METODOS

### 4.1. MATERIAL

#### 4.1.1. Población en estudio

Se evaluaron cuatro planteles de peces ingresados al mar durante el verano 1995-96 en la empresa Cultivos Marinos Chiloé Ltda., a sus centros de cultivo ubicados en el Archipiélago de las Chauques en Chiloé insular.

Los primeros dos grupos corresponden a la especie *Oncorhynchus kisutch*, denominado comúnmente salmón Coho o Plateado, de dos cepas nacionales llamadas Chaluaco y Home. El primero de estos ingresados en diciembre de 1995, con un peso promedio de 40 gramos y el segundo en enero de 1996, con un peso promedio de 80 gramos. Cada uno de los cuales se distribuyó en tres balsas-jautas con un total de 6.000 peces cada una.

Un tercer grupo es de la especie *Oncorhynchus mykiss* conocida como trucha Arcoiris, de una cepa importada llamada Troutlodge, ingresadas al mar en diciembre de 1995 con un peso promedio de 185 gramos. Distribuidas en tres balsas-jaulas con un total de 6.000 peces cada una.

El último plantel evaluado corresponde a la especie *Salmo salar* conocido como salmón del Atlántico, de una cepa nacional llamada Namsen-Home Breed. ingresados al mar durante diciembre de 1995 con un peso promedio de 55 gramos. Distribuidos en tres balsas-jaulas con un total de 6.000 peces cada una.

#### 4.1.2. Alimento

El alimento utilizado fue alimento extruido, fabricado por la planta de alimentos para salmones Cultivos Marinos Chiloé Ltda.

La entrega del alimento fue a saciedad controlada (ad libitum con control del consumo evitando pérdidas de alimento) para las tres especies en estudio.

Los rangos de peso para la entrega de cada diámetro de alimento por especie se presentan en la tabla N° 1.

**TABLA N° 1:**  
**Diámetro del alimento (mm) a entregar según rango de peso y especie.**

Rango de peso (gr.)	<i>O. kisutch</i>	<i>O. mykiss</i>	<i>S. salar</i>
50-100	1,9 - 2,5	1,9 - 2,5	1,9 - 2,5
100-200	2,5	25 - 39	2,5 - 3,2
200-300	2,5 - 3,2	3,2	3,2
300-500	3,2 - 4,0	3,2 - 4,0	3,2 - 4,0
500-800	4,0 - 4,8	4,8 - 5,5	4,0 - 4,8
800-1.000	4,8 - 5,5	5,5 - 6,4	4,8 - 5,5
1.000-1.500	5,5 - 6,4	6,4 - 8,0	5,5 - 6,4
1.500-2.000	6,4 - 8,0	6,4 - 8,0	6,4 - 8,0
2.000-3.000	8,0 - 9,5	8,0 - 9,5	8,0 - 9,5
> 3.000	9,5	9,5	9,5

#### 4.1.3. Pigmento

El pigmento utilizado fue astaxantina (Carophyll pink 8% ®) y fue adicionado durante el proceso de extrusión

El contenido de pigmento en el alimento según especie y diámetro del alimento se muestran en la tabla N° 2.

**TABLA N° 2:**  
**Contenido de astaxantina en el alimento (mg/kg) según diámetro (mm) del alimento y especie.**

Calibre	Astaxantina en el alimento (mg/kg)		
	<i>O. kisutch</i>	<i>O. mykiss</i>	<i>S. salar</i>
1,9	100	100	100
2,5	100	100	100
3,2	100	100	100
4,0	100	100	100
4,8	100	80	100
5,5	80	80	100
6,4	80	70	100
8,0	70	65	80
9,5	70	65	60

## 4.2. METODO

### 4.2.1. Obtención de muestras

Se realizó un muestreo inicial (TO), el día 29 de diciembre de 1995, para determinar el nivel de pigmentación muscular al inicio de la experiencia. El muestreo inicial para el caso del salmón

Coho de la cepa Home fue coincidente con el segundo muestreo de los demás grupos. Luego se muestreo cada cinco semanas, hasta lograr peso de cosecha de dichas jaulas, equivalente a un peso superior a 2,5 kilos para el salmón Coho, peso superior a 2,8 kilos para la trucha Arcoiris y sobre 4,0 kilos para el salmón del Atlántico.

En este caso el salmón del Atlántico solo pudo ser muestreado hasta logrados 3,4 kilos de peso, producto de decisiones de la empresa donde se realizó el estudio.

Cada muestreo contempló la toma de tres peces de cada jaula prueba, utilizando un anzuelo, acto seguido a la extracción de los peces desde la jaula, fueron sometidos al corte de arcos branquiales y muerte por desangre.

Las muestras fueron individualizadas en bolsas según jaula y plantel del que se obtuvieron y se transportaron en una solución de agua y hielo hacia la planta de proceso.

#### **4.2.2. Procesamiento de las muestras**

Los tres peces obtenidos de cada jaula fueron pesados, eviscerados y fileteados ( división de la canal en dos hemicanales desechando la cabeza y columna vertebral) en cada oportunidad. De cada pez se tomo un filete que se dividió transversalmente en varias porciones de las cuales se tomo cinco, avanzando en sentido anteroposterior de manera de que estos trozos fueran representativos del total del filete. Luego se tomaron los trozos de filete de los tres peces para constituir finalmente una sola muestra identificada por el número de jaula y plantel del que proviene, dicha muestra se homogenizó y posteriormente se envió al laboratorio analítico, en planta de alimentos Cultivos Marinos Chiloé Ltda.

#### **4.2.3. Determinación del peso e índice gonadosomal**

El control de peso de cada pez fue realizado en planta de proceso Cultivos Marinos Chiloé Ltda. utilizando una balanza digital de 10 Kg., y precisión de 1gr.

De cada pez se retiraron las gónadas, se pesaron y se calculó el porcentaje que representaban del total del peso corporal del pez. Esto para corroborar que el pez no estaba entrando en etapa de madurez reproductiva, momento en que existe movilización de astaxantina desde el músculo a las gónadas, de existir un índice gonadosomal superior a 1,0 % el pez fue eliminado como muestra (Torrissen y col., 1995).

#### **4.2.4. Evaluación visual del color**

La evaluación visual del color de los filetes obtenidos de las muestras fue determinada usando la Tarjeta de Color para Salmonídeos Roche para filetes. Esta posee una escala de tonalidades que esta definida en el rango de 11 a 18, con un color rosa muy pálido para la tonalidad 11 hasta un color rojo profundo para la tonalidad 18. Además hay que hacer notar que en el ambiente salmonera para denominar el color de los filetes que poseen un tono intermedio a los que aparecen definidos en la tarjeta, se sigue el criterio de nombrarlos por el color que superan, sin lograr la tonalidad que le sigue, seguido del signo + (más).

La evaluación visual del color de los filetes se realizó bajo la misma condición de iluminación artificial (luz fluorescente) y siempre por la misma persona para cada evaluación en particular.

Un color favorable para competir en el mercado debe ser: color 16 para salmón Coho, color 16+ para la trucha arcoiris y color 15 para el salmón del Atlántico.

#### **4.2.5. Determinación de astaxantina en el músculo**

La determinación del contenido de astaxantina en el músculo se realizó bajo la técnica descrita por Manz (1983), cuyo principio se basa en la extracción de los carotenoides por medio de solventes orgánicos, su paso posterior a través de una columna cromatográfica de silica-gel y finalmente medir la fracción de astaxantina en un espectrofotómetro.

#### **4.2.6. Determinación del contenido de lípidos en músculo**

La determinación del contenido de lípidos en músculo se realizó por el método de extracción Soxhlet con éter de petróleo como solvente.

#### **4.2.7. Fijación de astaxantina**

El cálculo del porcentaje aparente de fijación o retención de astaxantina entregada a la biomasa en el alimento se realizó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fijación} = \frac{(A_f \times B_f) - (A_i \times B_i)}{A_p} \times 100$$

Donde :

- Af = astaxantina en músculo al final del período (mg/kg)
- Ai = astaxantina en músculo al inicio del período (mg/kg)
- Ap = astaxantina entregada en el período (de acuerdo a la cantidad de alimento entregado y concentración de pigmento)
- Bi = biomasa al inicio del período (peso promedio de los peces multiplicado por el número de individuos por jaula)
- Bf = biomasa al final del período

#### **4.2.8. Análisis de resultados**

El análisis de resultados se realizó en base a estadística descriptiva utilizando tablas.

Los cálculos de correlación necesarios se realizaron por el programa computacional Microsoft Excel 7.0.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. DETERMINACION DEL PESO E INDICE GONADOSOMAL

Los resultados de la determinación del peso promedio de las muestras obtenidas por grupo en estudio se presentan en la tabla N° 3.

**TABLA N° 3: Peso promedio (gr.) por grupo en estudio y momento de muestreo.**

Semanas	Peso (gr.)			
	S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0	47,7 ( 7,2)	84,5 ( 10,7)	219,6( 37,6)	83,8 ( 19,9)
5	113,3( 17,0)	253,0 ( 51,4)	367,0 ( 79,4)	173,3 ( 34,7)
10	272,7 ( 32,6)	468,0 ( 39,0)	554,5(131,9)	316,7 ( 35,4)
15	468,7 ( 85,4)	605,3 ( 60,4)	801,9(197,0)	723,3(132,3)
20	575,0(104,6)	801,3 ( 81,9)	1007,8(279,9)	930,0(126,4)
25	780,0(118,3)	932,0(106,9)	1290,0(282,1)	1326,7(154,3)
30	983,3(152,0)	1.402,2(198,7)	2013.3(362.0)	1581,0(182,6)
35	1.200,0(142,4)	1.817,3(278,6)	2616,7(442,8)	2413,3 (468,2)
40	1.590,0(137,3)	2.398,3 (300,8)	3053,3(390,3)	2770.3 (490,9)
45	1.932,7(134,8)	2.747,3(163,2)		3440,0(329,1)
50	2.598,7(332,7)			

Nota:

- (D.E.) Desviación estándar entre paréntesis.

El índice gonadosomal no superó el 1% en todos los peces muestreados, por lo tanto los datos corresponden a peces que no se encontraban en período de madurez sexual.

### 5.2. NIVEL DE PIGMENTACION

#### 5.2.1. Evaluación sensorial de color del músculo.

Los resultados de la evaluación visual de color del músculo promedio de las muestras obtenidas de cada jaula, por grupo en estudio se presentan en la tabla N° 4.



**TABLA N° 4: Evaluación sensorial de color del músculo\* por grupo en estudio y momento de muestreo.**

Semanas	Color Visual			
	S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0	s/p	s/p	s/p	s/p
5	11	11 +	13	s/p
10	14	14	14+	11+
15	13	15+	14+	13
20	14+	16	15+	14+
25	15+	15	15+	14+
30	15+	16	16	13+
35	15+	16	16	14+
40	16	16+	16+	15
45	16+	16+		15
50	16+			

Nota:

- (\*) Según Tarjeta de Color para Salmonídeos Roche para filetes.
- (s/p) bajo nivel 11.

### 5.2.2. Astaxantina en músculo.

Los niveles de astaxantina logrados en músculo promedio de las muestras obtenidas de cada jaula, por grupo en estudio se presentan en la tabla N° 5.

**TABLA N° 5: Astaxantina en músculo (mg/kg) por grupo en estudio y momento de muestreo.**

Semanas	Astaxantina (mg/kg)			
	S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0	0,9 (0,06)	1,3(0,06)	0,9(0,01)	0,7 (0,25)
5	5,5(1,10)	1,9(0,15)	6,9(0,92)	1,0(0,06)
10	6,5(1,40)	9,7(0,57)	7,8 (0,87)	1,7(0,46)
15	9,0 (0,32)	11,1(0,67)	8,5 (0,72)	2,8(1,19)
20	10,3 (0,74)	13,6(1,12)	11,0(2,25)	3,8(0,21)
25	13,5(2,43)	15,4(2,20)	15,1 (2,35)	3,7 (0,64)
30	16,1(1,99)	17,7(2,53)	20,9(1,24)	4,1(0,67)
35	17,4(1,27)	20,2 (0,92)	21,6(1,91)	4,9(0,15)
40	19,5(1,10)	20,7 (0,49)	25,4 (3,44)	5,7(0,25)
45	21,6(0,51)	23,8(0,89)		6,2 (0,56)
50	24,5(2,16)			

Nota:

- (D.E.) Desviación estándar entre paréntesis.

### 5.3. PORCENTAJE DE LÍPIDOS EN MÚSCULO

Los porcentajes de lípidos logrados en músculo promedio de las muestras obtenidas de cada jaula, por grupo en estudio se presentan en la tabla N° 6.

**TABLA N° 6: Porcentaje de lípidos en músculo por grupo en estudio y momento de muestreo.**

Semanas	Lípidos en músculo (%)			
	S. Coho cepa Chalhuaco	S Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0	2,0 (0,67)	1,4(0.15)	3,2 (0,64)	0,9(0,55)
5	4,0(0,87)	1,5(0.83)	5,5(1,35)	1,9(0,35)
10	7,3(1.83)	9,8(0.97)	6,5(2,21)	2,4(1,18)
15	5,8 (2,40)	8,9 (0,68)	9,4(2,15)	8,8(1,91)
20	8,3(0,83)	8.1 (0.85)	6,6 (0,90)	8,6(0,10)
25	8,6(0,32)	9.1 (2,10)	9,1(2,21)	6,0(0,72)
30	7,6(0,60)	10.1 (2.37)	9,6(0,61)	8.9(2,16)
35	8,4(0,75)	9,4(0.85)	10,8(1,23)	11,3(1,92)
40	9.8(0,11)	9,8(0.90)	11,9(1,65)	9,8(1,35)
45	9,2(1,39)	10.6(0.46)		10.7(0,65)
50	10,5 (1,12)			

Nota:

- (D.E.) Desviación estándar entre paréntesis.

### 5.4. NIVEL DE ASTAXANTINA EN MÚSCULO v/s TIEMPO.

La relación existente entre los niveles de astaxantina logrados en músculo y el tiempo de entrega de pigmento fue positiva en las tres especies. El valor correlación ( $r^2$ ) para estos parámetros se presentan en la tabla N° 7 según la especie en estudio.

**TABLA N° 7: Valores de correlación ( $r^2$ ) entre astaxantina en músculo (mg/kg) y tiempo de pigmentación por especie en estudio.**

Valor de Correlación ( $r^2$ )			
S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0.96	0.94	0.92	0.97

### 5.5. NIVEL DE ASTAXANTINA EN MÚSCULO v/s PORCENTAJE DE LÍPIDOS EN MÚSCULO

La relación entre el nivel de astaxantina y el nivel porcentual de lípidos alcanzado en músculo fue positiva. El valor de correlación ( $r^2$ ) para estos parámetros se presentan en la tabla N° 8 según la especie.

**TABLA N° 8: Valores de correlación ( $r^2$ ) entre astaxantina (mg/kg) y lípidos (%) logrados en músculo por especie en estudio**

Valor de Correlación ( $r^2$ )			
S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0.67	0.67	0.67	0.79

### 5.6. NIVEL DE ASTAXANTINA EN MÚSCULO v/s PESO CORPORAL.

La relación que muestran el nivel de pigmentación y peso corporal es positiva. El valor correlación ( $r^2$ ) para estos parámetros se presentan en la tabla N° 9 según especie.

**TABLA N° 9: Valores de correlación ( $r^2$ ) entre astaxantina en músculo (mg/kg) y peso corporal (gr.) por especie en estudio.**

Valor de Correlación ( $r^2$ )			
S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0.88	0.81	0.92	0.83

### 5.7. FIJACIÓN DE ASTAXANTINA.

Los niveles porcentuales aparentes de fijación en músculo, del total de astaxantina entregada en la dieta por periodo muestral, jaula prueba y grupo en estudio, se presentan en las tablas N° 10.

**TABLA N° 10: Porcentaje aparente de fijación a nivel muscular de astaxantina entregada a la biomasa según grupo en estudio, período de muestreo y total del ciclo productivo.**

Semanas	Peso (gr.)			
	S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodue	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
0	1,2	2,2	5,5	0,8
5	7,8	3,0	13,6	1,3
10	5,3	17,4	6,0	2,2
15	9,1	8,8	8,2	3,4
20	7,9	10,0	19,0	2,8
25	16,1	21,6	16,6	3,0
30	16,3	31,0	40,4	2,9
35	19,0	35,7	21,0	5,9
40	27,4	31,5	45,7	4,9
45	21,8	31,7		4,4
50	25,2			
Total ciclo prod.	13,8	16,4	23,8	4,4

### 5.8. TIEMPO REQUERIDO PARA OBTENER COLOR COMERCIAL

El primer momento en que se logra obtener color comercial y los niveles de astaxantina mg/kg se presentan en la tabla N° 11. El momento en que se logro obtener color comercial en todas las jaulas de cada grupo en estudio se muestran en la tabla N° 12.

**TABLA N° 11: Momento en que se obtuvo por primera vez color comercial según especie, jaula y cantidad de astaxantina presente en el músculo.**

Especie	Tiempo	Jaula	Astaxantina (mg/kg)
S. Coho cepa Chalhuaco	20	3	10,6
S. Coho cepa Home	15	1 y 2	10,9 - 10,8
Trucha arcoiris	35	1 y 2	23,8 - 20,6
S. del Atlántico	25	3	4,2

**TABLA N° 12: Momento en que todas las jaulas presentaron color comercial según especie, jaula y cantidad de astaxantina promedio presente en el músculo.**

Especie	Tiempo	Jaula	Astaxantina (mg/kg)
S. Coho cepa Chalhuaco	40	Todas	19,5
S. Coho cepa Home	30	Todas	17,7
Trucha arcoiris	40	Todas	25,4
S. del Atlántico	40	Todas	5,6

### 5.9. VALORES ACUMULADOS DE PIGMENTO POR KFLO DE PEZ FINAL

Los valores acumulados de astaxantina entregada por kilo de pez a cosecha según especie en estudio se presentan en la tabla N° 13.

**TABLA N° 13: Valores acumulados de entrega de pigmento por kilo de pez a cosecha por especie en estudio**

Astaxantina (mg.)			
S. Coho cepa Chalhuaco	S. Coho cepa Home	T. Arcoiris cepa Troutlodge	S. Atlántico cepa Namsen-Home Breed
178,0	156,4	107,5	139,2

## 6. DISCUSION

Los resultados de crecimiento, índice de conversión y duración de los ciclos de producción se enmarcaron dentro de los esperado por la empresa, de acuerdo a sus datos históricos.

Por otro lado es importante mencionar que el hecho de no haber encontrado peces con índice gonadosomal superior a 1%. da seguridad de que los peces aun no alcanzaban la etapa de madurez sexual y que no existió movilización de astaxantina desde el músculo hacia las gonadas. Otorgándole validez a los resultados.

### 6.1. NIVEL DE PIGMENTACION EN MUSCULO

#### 6.1.1. Determinación visual del color

Es importante hacer notar que los consumidores diferencian y seleccionan los productos cárneos de salmón de acuerdo a la evaluación visual del color.

El color visual logrado en las diferentes especies en estudio se alcanza con diferentes concentraciones de astaxantina en músculo. Esta discrepancia según Christiansen y col. (1995) es resultado de las diferencias específicas de especie y a la dificultad de distinguir variaciones de color a altas concentraciones de astaxantina. En relación a este mismo hecho Storebakken y Fj al estad f 1992) indican que la relación entre las concentraciones de astaxantina y el color visual resulta poco confiable cuando se supera los 10 mg/kg de astaxantina en músculo.

Por otro lado Little y col. (1979) establecieron que la concentración de carotenoides por si sola no permite asegurar el color, aseverando que el contenido de grasa afecta la apariencia visual de muestras con igual contenido de astaxantina. Christiansen y col. (1995) menciona que si el filete tiene un alto contenido de lípidos, la concentración de astaxantina se diluye, explicando que el contenido graso en el tejido conectivo, entre miómeros interfiere con la percepción del color.

La incorporación de altos niveles de grasa en las dietas actuales aumenta la retención de lípidos en el músculo. Pero este mayor contenido de grasa tiende a diluir el color, preocupando a los técnicos, que al muestrear sus peces observan un color inferior al que desearían tener. Esto no es un problema de pigmentación, sino de color. Con toda seguridad, un análisis del contenido de astaxantina en músculo entregaría los valores esperados, sin embargo el color es menor. En estos casos se recomienda un manejo de restricción nutricional (menor contenido graso en la dieta) previo a cosecha con el objeto de disminuir la concentración de lípidos en músculo y de esta forma resaltar el color "escondido" (Sabelle, 1997) \*.

---

\* Comunicación personal: Dr. Andrés Sabelle. 1996. Lab. Roche.

### **6.1.2. Astaxantina en músculo**

Los resultados obtenidos para el Salmón Coho y Trucha Arcoiris son similares a los descritos por Bjerkeng y col. (1990), quienes reportaron para Trucha Arcoiris niveles de 10 mg/kg en peces de 500 gr y niveles entre 20 y 25 mg/kg en peces sobre 1500 gr de peso, igualmente Shiedt y col. (1981) comunicaron resultados similares para salmón Coho. Mientras para el salmón Coho en libertad se ha reportado valores de 11 mg/kg (Mori y col., 1991), valores bastantes más bajos que los logrados en peces en cautiverio, como se observa en este estudio.

Para el caso del Salmón del Atlántico en cultivo, Torrissen y col. (1995) comunicaron valores de 0,1 a 10 mg/kg kg (Torrissen y col., 1989; Christiansen y col., 1995). Mientras para el salmón del Atlántico en libertad se han reportado valores de 3 a 11mg/kg. Muy similar a los encontrados en este estudio, pudiendo concluir que el tejido muscular del salmón del Atlántico muestra la más lenta respuesta a la suplementación con astaxantina y la más baja concentración de Astaxantina en músculo de las especies en estudio, hecho que concuerda con lo descrito por March y MacMillan (1996). De ahí que para esta especie se exija un color visual menor en su comercialización.

### **6.2. NIVEL DE ASTAXANTINA EN MUSCULO v/s TIEMPO.**

La fuerte asociación positiva mostrada por estos dos parámetros en las tres especies en estudio nos hace inferir que en la medida que los ciclos de producción sean más largos podemos tener mayor seguridad de obtener niveles de astaxantina suficientes para expresar un buen color.

Tomsen y col. (1995) por su parte describen esta misma asociación indicando que la concentración de astaxantina en músculo presenta una respuesta positiva frente al tiempo de suplementación con astaxantina. Esto podría sustentar la tesis de poder entregar menores valores de astaxantina en la dieta por un período mas largo ( Storebaken y col..1986). Sin embargo es necesario analizar la relación costo/beneficio del alargamiento de los ciclos productivos.

### **6.3. NIVEL DE ASTAXANTINA EN MUSCULO v/s PORCENTAJE DE LIPIDOS EN MÚSCULO**

Los resultados obtenidos concuerdan con la relación positiva entre el nivel de pigmentación y el contenido de lípidos en el tejido muscular descrito por diferentes autores.

El efecto positivo en el depósito de astaxantina en el músculo por el aumento de lípidos en los tejidos sugiere que los lípidos facilitan el transporte de astaxantina y su unión a la actomiocina (Hemmi, 1991), esta misma relación también fue descrita por Torrissen y col. (1995).

Por otro lado Leger (1985) indica que los carotenoides son liposolubles lo que afirmaría la relación recién descrita.

#### **6.4. NIVEL DE ASTAXANTINA EN MUSCULO v/s PESO CORPORAL.**

Al analizar los resultados se observa que existe una relación directa entre el nivel de pigmentación alcanzado en músculo y la ganancia de peso. De esto se desprende que a mayor peso es mayor el depósito de astaxantina en músculo. Springate (1991) y No y Storebakken (1991a) indican que los peces de mayor tamaño poseen una relación lineal entre su peso vivo y la pigmentación muscular. Lo mismo indicado por Torrissen y col. (1989) quien explica además que esta asociación indica que aumenta la eficiencia de retención así como aumenta el peso del pez.

Torrissen y col. (1995) describe la existencia de una relación positiva entre la concentración de astaxantina en músculo y el peso final del pez y su vez una relación inversa con el peso inicial, indicando que aparentemente al ir aumentando el peso, también aumentaría la capacidad para retener pigmento.

#### **6.5. FIJACION DE ASTAXANTINA.**

Torrissen y col. (1989) discute dos modelos hipotéticos sobre el depósito de pigmento en salmonídeos. En el primero, la concentración de carotenoides es considerada como una función lineal con el incremento de peso, por lo tanto su eficiencia de retención también aumentaría con el peso. Los estudios que soportan este modelo han sido realizados por cortos periodos de tiempo (Spinelli y Mahnken. 1978; Torrissen. 1985; Storebakken y col. 1987). El otro modelo asume una tasa de retención constante independiente de la talla del pez. Este modelo es soportado por resultados encontrados por Torrissen y col. (1989) y Storebakken y col. (1986). Una retención constante sugiere el uso de bajas dosis de pigmento por periodos largos.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que con el aumento de peso o talla de los peces los porcentajes de retención de pigmento van en aumento, lo que afirma el primer modelo postulado por Torrissen y col. (1989), mencionado en el párrafo anterior. Basado en este modelo se puede inferir que es conveniente entregar mayores dosis de pigmento avanzado el ciclo de producción. Al respecto Smith y col. (1992) señalan que los salmonicultores podrían iniciar la pigmentación de los peces tarde en el ciclo productivo, con un corto periodo de pigmentación, compensado con altas dosis de carotenoides.

March y Macmillan. (1996) postulan la existencia de un peso mínimo por debajo del cual los salmonídeos no tienen capacidad de pigmentar su musculatura. Por debajo de este, los carotenoides se absorberían pero no serían depositados en músculo. Torrissen y col (1989) plantean lo mismo indicando que los carotenoides se depositarían principalmente en piel y órganos y muy poco en el tejido muscular. Los pesos aproximados descritos son para la trucha inferior a 100 gr., salmón Coho inferior a 200 gr. y para el salmón del Atlántico inferior a 400 gr. Al observar los valores de retención obtenidos en este estudio, para el salmón Coho y trucha se evidencia igual circunstancia en que a menores pesos, menores son los niveles de retención de astaxantina en músculo, pero la observación hecha por estos autores parece ser extensible a valores superiores de peso.



Al analizar los resultados obtenidos en este estudio las dos especies del genero *Oncorhynchus*, presentan porcentajes de retención de pigmento mucho más altos que el salmón del Atlántico. Estos resultados son similares los encontrados por March y MacMillan (1996), donde mencionan que el salmón Chinook (*O. tshawytscha*) y trucha Arcoiris tienen una mayor respuesta a la suplementación con astaxantina a diferencia del salmón del Atlántico cuya tasa de depósito es más baja y más lenta. Esto también lo indica Torrison y col. (1989) planteando que la trucha es más eficiente en la retención muscular de carotenoides que el salmón del Atlántico.

Los valores de retención de todo el periodo productivo encontrados en ambos grupos salmón Coho y salmón del Atlántico se encuentran enmarcados dentro del porcentaje informado por Torrison y col. (1989) donde indican que el porcentaje de retención de carotenoides para salmonídeos en general está entre 1% a 18%, no ocurre con los resultados de este estudio en relación a la trucha, que presentó un porcentaje de 23,8% de retención de astaxantina entregada durante todo el periodo productivo, no atribuible a factores genéticos ya que se indica que los valores de retención tienen muy baja heredabilidad.

En un estudio sobre los niveles de retención de pigmento realizado en Chile\*, los resultados preliminares indican que el salmón Coho retiene en promedio entre 14% y 18% y la Trucha Arcoiris retiene entre 16 a 20% y el Salmón del Atlántico entre 8% y 10% de los carotenoides entregados en la dieta\*

## 6.6. TIEMPO PARA OBTENER COLOR COMERCIAL

El tiempo requerido para la obtención de color comercial es variable entre las diferentes especies y a su vez es variable el contenido de astaxantina necesario.

Al analizar los resultados obtenidos para el caso de las dos cepas de salmón Coho el tiempo que requirieron fue reducido considerando que el periodo de producción total es cercano a un año. Hay que hacer notar que la cepa Home requirió un periodo muestral menos, pero necesitó igual contenido de astaxantina para expresar igual color y a pesos similares. Lo que de alguna manera concuerda con lo expresado en párrafos anteriores referente a la estrecha relación entre peso y cantidad de astaxantina en músculo.

Por otro lado la trucha Arcoiris logra color comercial muy tarde en relación a su corto periodo productivo, probablemente influenciado por los mayores niveles de lípidos que presenta en músculo que actuarían enmascarando el color.

El salmón del Atlántico logra expresar color comercial "a muy bajas concentraciones de astaxantina en músculo considerando el nivel de color que se exige, y muy temprano en su ciclo productivo que normalmente es superior a 1 año.,

---

\* Lab. Roche. 1996.

Respecto de los niveles de astaxantina en músculo necesarios para expresar color comercial al lograr el peso promedio para cosecha, se observa que son ampliamente superiores a los presentes durante las primeras lecturas de color comercial, para el caso del salmón Coho y trucha Arcoiris, y en un menor grado para el salmón del Atlántico. De esto se desprende que la intensidad del color del músculo no está relacionada con el peso del pez (Torrissen y col., 1995). Así también los resultados de este estudio nos indican que el lograr color comercial en un menor tiempo o a bajos pesos no asegura su mantención en el tiempo, evidentes son las variaciones que ocurren así como avanza, el ciclo de producción.

Resultados preliminares indican que las especies cultivadas en Chile requieren para expresar color comercial, en pesos de cosecha, niveles de astaxantina en músculo de 16 a 18 mg/kg para lograr color 16 al? en S. Coho, 18 a 20 mg/kg de astaxantina en músculo para lograr color 16 al? en T. Arcoiris y finalmente valores de 8 a 10 mg/kg de astaxantina en músculo para lograr color 15 para el S. Atlántico\*. Valores ampliamente superados para el caso de las dos cepas de S. Coho y T. Arcoiris, pero muy lejanos de lo logrado en el caso del S. Atlántico, pero que sin embargo su color fue satisfactorio.

#### **6.7. VALORES ACUMULADOS DE PIGMENTO POR KILO DE PESCADO FINAL**

Los resultados obtenidos muestran que los valores acumulados de pigmento entregado por kilo de pez a cosecha para el salmón coho son los más altos lo que nos hace inferir que es la especie más onerosa en el consumo de pigmento en relación al salmón del Atlántico y trucha arcoiris por sobre todo que posee los valores menores.

Importante es tener en cuenta que los valores de pigmento aculados para el salmón coho se ven influenciados por los altos niveles de mortalidad experimentados producto de lo cual existió una gran pérdida de biomasa. cuyo costo en pigmentación lo asume la biomasa sobreviviente, cuestión que no ocurrió en las otras dos especies estudiadas.

---

\* Lab. Roche. 1996.

## 7. CONCLUSIONES

Pese a lo reducido del tamaño muestral, permitió concluir lo siguiente.

Entre las tres especies en estudio existe una marcada diferencia en los niveles porcentuales de retención de astaxantina. Siendo la trucha arcoiris la más eficiente, seguido del salmón coho y finalmente muy por debajo se encontraría el salmón del Atlántico.

La eficiencia de retención de pigmento a nivel muscular es mayor al aumentar el peso del pez de acuerdo a esto la entrega de pigmento en la dieta debe ser mayor durante la segunda mitad del ciclo productivo, para las tres especies estudiadas. Por lo tanto el esquema propuesto para esta experiencia resulta poco eficiente.

Para considerar que se ha logrado la meta de color de la carne, no es suficiente conocer el contenido de astaxantina en el músculo, sino también considerar como punto muy importante el contenido de lípidos de esta.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ACHURRA, M. 1996. Salmones: Una experiencia exitosa de exportación. *Chile Pesq.* 91: 28-33
- ANDREWES, A.G., H. PHAFF, M.P. STARR. 1976. Carotenoids of *Phaffia rhodozyma* a red-pigmented fermenting yeast. *Phytochem.* 15: 1003-1007. Citado por Castro, E., G. Mena. 1993. Pigmentos carotenoides - Rol nutricional en especies salmonídeas y fuentes de pigmentación. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO - Italia. GCP/RLA/T02/ITA. Proyecto Aquila II. Documento de campo N° 16: 213-227.
- BJERKENG, B.. T. STOREBAKKEN, S. LIAAEN-JENSEN. 1992. Pigmentation of rainbow trout from start feeding to sexual maturation. *Aquacult.* 108: 333-346.
- BJERKENG. B.. T. STOREBAKKEN, S. LIAAEN-JENSEN. 1990. Dose response to carotenoids by rainbow trout in the sea: resorption and metabolism of dietary astaxanthin and cantaxanthin. *Aquacult.* 91: 153-162.
- BLANC. J.M., G. CHOUBERT. 1985. Genetic variation of flesh colour in cantaxanthin fed rainbow trout. *Genet. Sel. Evol.* 17: 243-250.
- CASTRO. E. 1993. Evaluación de pigmentos carotenoides. *Aquanot. Int.* Abril-Junio 1993: 4-7.
- CASTRO. E.. G. MENA. 1993. Pigmentos carotenoides - Rol nutricional en especies salmonídeas y fuentes de pigmentación. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO - Italia. GCP/RLA, 102, ITA. Proyecto Aquila II. Documento de campo N° 16: 213-227.
- CORTES. R. 1997. Compendio de la Acuicultura de Chile '97. Editorial Technopress. Santiago
- CHRISTIANSEN, R.. G. STRUKNAES, R. ESTERMANN. O.J. TORRISSEN. 1995, Assessment of flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquacult. Res.* 26: 311-321.
- ESTERMANN, R. 1995. Biological function of carotenoids - An overview. En: The 2nd. Roche Aquaculture Centre Conference on Nutrition and Disease, Bangkok.
- FOSS, P., T. STOREBAKKEN, E. AUSTRENG, S. LIAAEN-JENSEN. 1987. Carotenoid in diets for salmonids. V. Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with cantaxanthin. *Aquacult.* 65: 293-305.

- HANNASH, K., C NELSON. 1990. Efficacy of liquid Kem Glo™ in the pigmentation of comercial Atlantic salmon: Fiel trial in the bay of Fundy. Pigmenter Research. Bull. of Kemin Industries Inc.
- HEMNI, H., M. HATA, M. TAKEUCHI. 1991. Studies on the carotenoids in the muscle of salmon - V. Combination of astaxanthin and cantaxanthin with bovine serum albumin and egg albumin. *Comp. Biochem. Physiol.* 99B: 609-612. Citado por TORRISSEN, O.J., K. INGEBRIGTSEN. 1992. Tissue distnbution of C-Astaxanthin in the Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacul.* 108: 381-386.
- JOHNSON, E.A. 1989. A pigment source in salmonids feed. *Feed Management* 40(12): 18-21. Citado por Castro, E., G. Mena. 1993. Pigmentos carotenoides - Rol nutricional en especies salmonídeas y fuentes de pigmentación. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO - Italia. GCP/RLA/ 102/ITA. Proyecto Aquila II. Documento de campo N° 16: 213-227.
- JOHNSON, E.A., T.G. VILLA, M.J. LEVVIS. 1980. *Phaffia rhodozyma* as an astaxanthin source in salmonids diets. *Aquacult.* 20: 123-134.
- LEGER. C. 1985. Digestion, absortion and transport of lipid. En: Cowey C.B., A.M. Mackie. J.C. Bell (Editores). *Nutrition and feeding of fish.* Academic Press. New York. N.Y.:299-331. Citado por Storebakken, T., H.K. No. 1992. Pigmentation of rainbow trout. *Aquacul.* 100: 209-229.
- LITTLE. A.C., C. MARTINSEN. L. SCEURMAN. 1979. Colour assessment of experimentally pigmented rainbow trout. *Colour Res. and Appl.* n 4 92-95.
- MANZ. U. 1983. Pigmenting Carotenoids: Analytical Methods. Roche Publication Index N° 1864:35-36.
- MARCH B.E., C. MACMILLANC. 1996. Muscle pigmentation and plasma concentrations of astaxanthin in Rainbow Trout, Chinnok salmon and Atlantic salmon in responce to different dietary levels of astaxanthin. *The Prog. Fish-Cult.* 58: 178-186.
- MARKOVITS, a. 1991. Adonis: Potencial fuente vegetal de astaxantma. *Alimentos* 16(5): 49. Citado por Castro, E., G. Mena. 1993. Pigmentos carotenoides - Rol nutricional en especies salmonídeas y fuentes de pigmentación. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO - Italia. GCP/RLA/ 102/ITA. Proyecto Aquila II. Documento de campo N° 16:213-227.
- MÉNDEZ, R., C. MUNITA. 1989. La salmonicultura en Chile. *Fund. Chile* 229p.
- MORÍ, T., S. OKADA, K. YAMAGUCHA, S KONOSU, Y. YAMADA, M. SAKATE, K. SPRINGATE, J. 1991. Keeping salmon in the pink. *Fish Farmer* Sep-Oct: 47.

- NO, H.K., T. STOREBAKKEN. 1991a. Color stability of rainbow trout fillets during frozen storage. *J. of Food Sc.* 56: 969-972,984.
- SCHIEDT, K., S BISCHOF, E. GLINZ. 1995. Isolation of astaxanthin and its metabolites from skin of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Carot.* 1 A: 243-253.
- SCHIEDT, K., F.J. LEVENBERG. M. VECCHI. 1981. Natural occurrence of enantiomeric and meso-astaxanthin. 5. Ex wild salmon (*Salmo salar* and *Oncorhynchus*). *Helv.Chim. Act.* 64: 449-457.
- SCHOU-CHRISTIANSEN, J., J.F. WALLACE. 1988. Deposition of cantaxanthin and muscle lipid in two size groups of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Aquacult.* 69: 69-78.
- SMITH, B.E. R.W. HARDY, O.J. TORRISSEN. 1992. Synthetic astaxanthin deposition in pan-size Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquacult.* 104: 105- 119.
- SPINELL J., C. MAHNKEN. 1978. Carotenoid deposition in pen-reared salmonids diets containing extracts of red crab (*Pleuroncodes planipes*). *Aquacult.* 13: 213-223.
- STOREBAKKEN, T.. K.T. FJALESTAD. 1992. Maling av farge hos laksefisk 1. Kjøttlarge og targemaling. *Norsk Fiskeoppdrett* 12: 44-45. Citado por Christiansen, R., G. Struknaes, R. Estermann. O J. Torrissen. 1995. Assessment of flesh colour in Atlantic salmon. *Salmo salar* L. *Aquacult. Res.* 26: 311-321.
- STOREBAKKEN, T.. P. FOSS. K. SCHIEDT. E. AUSTRENG, S. LIAAEN-JENSEN, U. MANZ. 1987. Carotenoids in diets for salmonids. IV. Pigmentation of Atlantic salmon with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and cantaxanthin. *Aquacult.* 51: 245-255.
- STOREBAKKEN, T., P. FOSS. I. HUSE, A. WANSVIK. T.B. LEA. 1986. Carotenoids in diets for salmonids. III. Utilization of cantaxanthin from dry and wet diets by Atlantic salmon, Rainbow trout and Sea trout. *Aquacult.* 51. 245-255.
- TORRISSEN, K.R., O.J. TORRISSEN. 1985. Protease activities and Carotenoids levels during the sexual maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacult.* 50: 113-122.
- TORRISSEN, O.J. 1985. Pigmentation of salmonids: Factors affecting carotenoid deposition in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquacult.* 46: 133-142. TORRISSEN. O.J., E. TIDEMANN, J. HANSEN, J. RAA. 1981. Ensiling in acid - A method to stabilize astaxanthin in shrimp processing by products and improve uptake of this pigment by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquacult.* 26: 77.
- TORRISSEN, O.J., G. NAEVDAL. 1984. Pigmentation of salmonids: Geetical variation in Carotenoids deposition in rainbow trout. *Aquacult.* 18: 59-66.

- TORRISSEN, O.J., K. INGEBRIGTSEN. 1992. Tissue distribution of C-Astaxanthin in the Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacult.* 108: 381-386.
- TORRISSEN O.J., R. CHRISTIANSEN, G. STRUKNAES, R. ESTERMANN. 1995. Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. in relation to dietary astaxanthin concentration and feeding period. *Aquacult. Nut.* 1: 77-84.
- TORRISSEN, O.J., R.W. HARDY, K.D. SHEARER. 1989. Pigmentation of salmonids - Carotenoid deposition and metabolism. *CRC Crit. Rev. in Aquat. Sc.* 1: 209-225.
- WURMANN, C. 1997. Alimentos para peces: Se ajusta el mercado. *Aquanot. Int.* Julio-Agosto 97: 7-25.

## 9. ANEXOS



**ANEXO N° 1**

**Salmón Coho cepa Chaluaco. Alimento entregado (Kg.) por jaula, calibre (mm) y período de muestreo.**

Semanas	Calibre	Alimento (Kg.)			Total
		Jaula N° 1	Jaula N° 1	Jaula N° 1	
0	1,9	235	220	225	680
5	2,5	425	475	425	1.325
10	2,5-3,2	1.025	1.275	1.325	3.625
15	4,0-4,8	1.750	1.350	1.375	4.475
20	4,0-4,8	1.050	1.000	1.325	3.375
25	5,5	1.875	2.050	1.850	5.775
30	5,5	2.525	1.875	1.950	6.350
35	5,5	1.600	2.325	1.100	5.025
40	6,4	2.675	2.950	2.675	8.300
45	8,0	3.675	3.450	3.225	10.350
50	9,5	5.575	6.900	5.675	18.150
Total		22.410	23.870	21.150	67.430

**ANEXO N° 2**

**Salmón Coho cepa Home. Alimento entregado (Kg.) por jaula, calibre (mm) y período de muestreo.**

Semanas	Calibre	Alimento (kg)			Total
		Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	
0	1,9	295	280	275	850
5	2,5	625	675	825	2.125
10	2,5-3,2	1.375	1.400	1.325	4.100
15	4,0-4,8	1.375	1.350	1.350	4.075
20	4,0-4,8	2.375	2.300	2.225	6.900
25	5,5	1.000	1.000	1.125	3.125
30	5,5	2.125	2.175	2.300	6.600
35	6,4	1.775	2.325	2.300	6.400
40	8,0	2.975	3.200	2.975	9.150
45	8,0-9,5	3.675	3.450	3.225	10.350
Total		17.595	18.155	17.925	53.675

## ANEXO N° 3

**Trucha Arcoiris cepa Trout lodge. Alimento entregado (Kg.) por jaula, calibre (mm) y período de muestreo.**

Semanas	Calibre	Alimento (kg)			Total
		Jaula N° 1	Jaula N° 1	Jaula N° 1	
0	1,9-2,5	203	212	218	633
5	2,5-3,2	1.125	1.100	1.050	3.275
10	3,2	2.000	2.100	1.200	5.300
15	4,8	2.500	2.625	1.625	6.750
20	4,8-5,5	2.375	2.025	1.100	5.500
25	5,5	3.825	3.625	3.550	11.000
30	6,4	4.975	4.375	4.875	14.225
35	8,0-9,5	6.000	5.300	4.575	15.875
40	8,0-9,5	3.125	4.625	4.600	12.350
Total		26.128	25.987	22.793	74.908

## ANEXO N° 4

**Salmón del Atlántico cepa Namsen-Home Breed. Alimento entregado (kg) por jaula, calibre (mm) y período de muestreo.**

Semanas	Calibre	Alimento (kg.)			Total
		Jaula N°1	N°1	Jaula N°1	
0	1,9	429	424	452	1.305
5	2,5	460	530	485	1.475
10	2,5-3,2	1.025	975	925	2.925
15	4,0-4,8	2.215	2.875	3.050	8.140
20	4,8-5,5	2.725	2.650	3.000	8.375
25	4,8-5,5	2.675	2.900	2.875	8.450
30	5,5	2.450	3.250	2.975	8.675
35	6,4	4.257	6.575	4.450	15.282
40	8,0	4.250	4.675	4.250	13.175
45	9,5	5.025	3.703	4.875	13.603
Total		25.512	28.557	27.336	81.405

**ANEXO N° 5****Salmón Coho cepa Chahuaco. Número de peces por jaula por período de muestreo**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	Total
0	5.998	6.016	5.956	17.970
5	5.878	5.931	5.800	17.609
10	5.838	5.896	5.777	17.511
15	5.721	5.790	5.719	17.230
20	5.658	5.692	5.576	16.926
25	5.550	5.579	5.462	16.591
30	5.433	5.458	5.339	16.230
35	5.351	5.409	5.270	16.030
40	5.296	5.358	5.226	15.880
45	5.190	5.267	5.116	15.573
50	5.084	5.157	5.007	15.249

**ANEXO N° 6****Salmón Coho cepa Home. Número de peces por jaula por período de muestreo.**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	Total
0	5.956	6.007	5.936	17.899
5	5.878	5.931	5.800	17.609
10	5.838	5.896	5.777	17.511
15	5.721	5.790	5.719	17.230
20	5.658	5.692	5.576	16.926
25	5.550	5.579	5.462	16.591
30	5.433	5.458	5.339	16.230
35	5.351	5.409	5.270	16.030
40	5.296	5.358	5.226	15.880
45	5.190	5.267	5.116	15.573

## ANEXO N° 7

**Trucha Arcoiris cepa Troutlodge. Número de peces por jaula por periodo de muestreo.**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	Total
0	6.030	6.020	5.985	18.035
5	6.023	6.013	5.976	18.012
10	6.018	6.009	5.964	17.991
15	6.010	6.002	5.959	17.971
20	6.004	5.998	5.941	17.943
25	5.992	5.992	5.922	17.906
30	5.961	5.965	5.879	17.805
35	5.351	5.965	5.879	17.195
40	5.305	5.950	5.860	17.115

## ANEXO N° 8

**Salmón del Atlántico cepa Namsen-Home Breed. Número de peces por jaula por período de muestreo.**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	Total
0	5.986	5.991	5.928	17.970
5	5.878	5.931	5.800	17.609
10	5.838	5.896	5.777	17.511
15	5.821	5.853	5.767	17.230
20	5.815	5.835	5.754	16.926
25	5.809	5.804	5.732	16.591
30	5.780	5.775	5.703	16.230
35	5.751	5.746	5.675	16.030
40	5.722	5.717	5.646	15.880
45	5.693	5.688	5.618-	15.573

## ANEXO N° 9

**Salmón Coho cepa Chalhuaco. Biomasa (kg) acumulada por jaula según periodo de muestreo.**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	Total
0	270	318	270	858
5	647	771	580	1.998
10	1.448	1.533	1.791	4.772
15	3.032	2.235	2.802	8.069
20	3.734	2.533	3.457	9.724
25	4.939	3.794	4.206	12.939
30	6.084	4.639	5.233	15.956
35	6.475	6.977	5.797	19.249
40	7.997	9.055	8.205	25.257
45	9.913	10.524	9.670	30.106
50	12.609	14.214	12.818	39.641

## ANEXO N° 10

**Salmón Coho cepa Home. Biomasa (kg) acumulada por jaula según periodo de muestreo**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	Total
0	516	504	492	1.512
5	1.176	1.625	1.653	4.454
10	2.820	2.759	2.617	8.196
15	3.324	3.810	3.300	10.434
20	4.60Ü	4.172	4.784	13.556
25	5.106	4.664	5.680	15.450
30	6.736	7.222	8.774	22.723
35	8.310	9.930	10.872	29.112
40	11.026	13.733	13.326	38.085
45	13.753	14.326	14.694	42.774

## ANEXO N° 11

**Trucha Arcoiris cepa Troutlodge. Biomasa (kg) acumulada por jaula según periodo de muestreo.**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N° 1	Total
0	1.260	1.320	1.380	3.960
5	2.155	2.756	1.703	6.614
10	3.409	4.130	2.445	9.983
15	5.346	5.678	3.408	14.432
20	7.685	6.379	4.040	18.104
25	9.467	7.790	5.863	23.120
30	14.366	11.870	9.642	35.878
35	16.695	15.449	12.581	44.725
40	18.037	19.040	15.001	52.078

## ANEXO N° 12

**Salmón del Atlántico cepa Namsen-Home Breed. Biomasa (kg) acumulada por jaula según periodo de muestreo.**

Semanas	Jaula N°1	Jaula N°1	Jaula N°1	Total
0	360	540	600	1.500
5	764	1.186	1.102	3.052
10	1.693	2.064	1.791	5.547
15	3.551	4.624	4.440	12.615
20	4.594	5.602	5.984	16.179
25	6.912	8.067	8.025	23.004
30	8.109	9.759	9.410	27.2 /8
35	11.214	16.605	13.619	41.438
40	12.760	18.923	15.646	47.329
45	17.797	20.433	20.237	58.466

**ANEXO N°13****Salmón Coho cepa Chahuaco. Peso (gr) de las muestras obtenidas por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Peso (gr)								
	Jaula N°1			Jaula N°2			Jaula N° 3		
0	43	39	53	58	45	56	53	43	40
5	99	108	123	125	148	117	108	95	97
10	251	232	261	276	265	239	304	293	333
15	489	528	573	390	325	443	458	425	587
20	615	658	707	425	498	412	605	638	617
25	795	870	1005	670	580	790	789	759	762
30	1150	995	1215	865	795	890	1150	925	865
35	1228	1038	1364	1330	1346	1194	1257	983	1060
40	1530	1480	1520	1580	1628	1862	1680	1648	1382
45	1850	2050	1830	2048	2124	1822	1895	1735	2040
50	2540	2350	2550	2486	2460	3322	2360	2345	2975

**ANEXO N° 14****Salmón Coho cepa Home. Peso (gr) de las muestras obtenidas por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Peso (gr)								
	Jaula N°1			Jaula N°2			Jaula N° 3		
0	89	72	99	88	75	89	92	90	67
5	180	205	215	254	238	330	259	268	328
10	510	420	519	462	428	514	475	429	455
15	625	540	578	670	634	670	538	526	667
20	918	815	706	725	695	779	876	810	888
25	875	915	970	832	750	926	1108	980	1032
30	1124	1330	1266	1346	1285	1339	1750	1625	1555
35	1660	1725	1274	1837	1624	2047	2098	1948	2143
40	2150	1895	2201	2350	2485	2854	2780	2390	2480
45	2720	2580	2650	2698	2545	2917	2950	2680	2986

## ANEXO N° 15

**Trucha Arcoiris cepa Troutlodge. Peso (gr) de las muestras obtenidas por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Peso (gr)								
	Jaula N°2			Jaula N°2			Jaula N° 3		
0	180	205	242	205	198	255	245	280	167
5	368	323	382	485	430	460	254	295	306
10	594	467	638	670	655	737	450	415	365
15	850	738	1081	978	925	935	595	550	565
20	1315	1348	1177	1098	990	1103	670	730	640
25	1680	1660	1400	1458	1215	1227	1112	980	878
30	2195	2540	2495	2120	2080	1770	1690	1548	1682
35	3320	2980	3060	2735	2460	2575	2220	2015	2185
40	3525	3280	3395	3320	3115	3165	2625	2480	2575

## ANEXO N° 16

**Salmón del Atlántico cepa Namsen Home-Breed. Peso (gr) de las muestras obtenidas por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Peso (gr)								
	Jaula N°1			Jaula N°2			Jaula N° 3		
0	66	62	52	102	88	80	109	100	95
5	150	125	115	208	186	206	185	198	187
10	305	285	280	348	310	392	328	290	312
15	680	645	505	815	830	725	920	805	585
20	815	830	725	958	898	1024	938	1094	1088
25	1223	1146	1201	1420	1325	1425	1220	1335	1645
30	1520	1380	1309	1735	1638	1697	1680	1420	1850
35	2210	1980	1660	2948	3110	2612	2528	2090	2582
40	2285	2040	2365	3112	3420	3398	2899	2843	2571
45	3315	2978	3085	3698	3480	3598	4020	3590	3196



## ANEXO N° 17

**Salmón Coho cepa Chahuaco. Astaxantina en músculo (mg/kg) por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Astaxantina en músculo (mg/kg)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	0,9	0,9	1,0
5	6,6	5,6	4,4
10	7,9	6,4	5,1
15	8,9	8,8	9,4
20	9,5	10,9	10,6
25	12,0	12,2	16,3
30	15,4	14,5	18,3
35	16,0	17,6	18,5
40	18,2	20,2	20,0
45	22,1	21,6	21,1
50	26,6	24,6	22,3

## ANEXO N° 18

**Salmón Coho cepa Home. Astaxantina en músculo (mg/kg) por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Astaxantina en músculo (mg/kg)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	1,3	1,3	1,2
5	1,7	1,9	2,0
10	9,9	10,2	9,1
15	10,9	11,8	10,5
20	14,6	12,4	13,9
25	17,7	13,3	15,3
30	20,0	15,0	18,2
35	21,2	19,4	20,0
40	21,3	20,4	20,5
45	24,8	23,1	23,5

## ANEXO N° 19

**Trucha Arcoiris Cepa Troutlodge. Astaxantina en músculo (mg/kg) por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Astaxantina en músculo (mg/kg)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	0,9	0,9	0,9
5	7,7	7,1	5,9
10	8,8	7,4	7,2
15	9,3	8,0	8,1
20	11,8	12,8	8,5
25	14,6	17,7	13,1
30	22,3	20,2	20,1
35	23,8	20,6	20,4
40	26,9	27,9	21,5

## ANEXO N° 20

**Salmón del Atlántico cepa Namsen Home-Breed. Porcentaje de lípidos en músculo por jaula y momento de muestreo Peso (gr) de las muestras obtenidas por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Astaxantina en músculo (mg/kg)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	0,4	0,7	0,9
5	0,9	1,0	1,0
10	1,6	1,3	2,2
15	1,5	3,8	3,2
20	3,7	4,0	3,6
25	4,0	3,0	4,2
30	3,9	3,5	4,8
35	4,7	4,9	5,0
40	5,7	5,4	5,9
45	6,8	5,7	6,1

## ANEXO N° 21

**Salmón Coho cepa Chahuaco. Porcentaje de lípidos en músculo por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Lípidos en músculo (%)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	1,2	2,3	2,4
5	4,7	4,2	3,1
10	9,3	5,7	6,9
15	4,8	4,1	8,5
20	8,7	7,3	8,8
25	8,9	8,3	8,6
30	7,0	7,6	8,2
35	8,8	8,8	7,5
40	9,9	9,8	9,7
45	7,9	9,0	10,7
50	9,3	10,5	11,5

## ANEXO N° 22

**Salmón Coho cepa Home. Porcentaje de lípidos en músculo por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Lípidos en músculo (%)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	1,4	1,5	1,2
5	1,2	2,4	0,8
10	10,6	8,7	10
15	8,4	9,7	8,7
20	8,9	7,2	8,2
25	7,0	9,1	11,2
30	8,8	8,8	12,9
35	8,5	9,4	10,2
40	8,9	10,7	9,9
45	10,2	11,1	10,5

## ANEXO N° 23

**Trucha Arcoiris Cepa Troutlodge. Porcentaje de lípidos en músculo por jaula y momento de muestreo.**

Semanas	Lípidos en músculo (%)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	2,5	3,6	3,6
5	5,1	7,0	4,4
10	7,5	8,1	4,0
15	9,9	11,2	7,0
20	7,6	6,0	6,1
25	7,6	11,7	8,2
30	9,3	10,3	9,2
35	11,7	11,3	9,4
40	10,0	12,7	13,0

## ANEXO N° 24

**Salmón del Atlántico cepa Namsen Home-Breed. Porcentaje de lípidos en músculo por jaula y momento de muestreo .**

Semanas	Lípidos en músculo (%)		
	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
0	1,5	0,5	0,6
	2,2	1,9	1,5
5	2,7	1,1	3,4
10	6,8	10,6	8,8
15	8,5	8,7	8,6
20	6,3	6,5	5,2
25	6,4	10,3	10,0
30	9,7	13,4	10,8
35	8,3	10,4	10,8
40	10,9	9,9	11,2

## **AGRADECIMIENTOS**

Al finalizar este estudio mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

Al Dr. Ricardo Enríquez, profesor patrocinante, por valiosa colaboración y orientación en la realización de este trabajo.

Al Dr. Jorge Navarro, por su constante apoyo y comprensión.

Al Dr. Sergio Vásquez, por su constante apoyo y estímulo.

Al Dr. Pablo Leyton, por su constante apoyo y colaboración.

A la empresa Cultivos Marinos Chiloé Ltda. Por la realización de esta tesis en sus instalaciones.